

*Enthalten die Kalkgerölle des unteren Sparagmits Vorläufer der
kambrischen Flora und Fauna?*

VON

A. ROTHPLETZ,

Professor an der Universität zu München.

Vor 5 Jahren entdeckte ich in der älteren Sparagmitformation am Mjösen Anzeichen von Versteinerungen und als ich von da nach Stockholm kam, zeigte mir Professor A. E. TÖRNEBOHM Dünnschliffe von präkambrischen Kalksteinen aus Schweden mit ähnlichen Spuren.

Zwei Fragen drängten sich mir zur Beantwortung auf:

- 1) sind diese Versteinerungen wirklich unzweifelhafte Überreste von Organismen? und
- 2) sind die Ablagerungen, aus denen sie stammen, wirklich präkambrisch?

I. Die Natur dieser Versteinerungen.

Über die Spuren in jenen Dünnschliffen hat Herr TÖRNEBOHM im vorigen Jahr seine Meinung geäußert¹, der ich nichts hinzufügen kann. Ich beschränke mich deshalb hier auf die Versteinerungen des Sparagmitkonglomerates, in dem ich Oolithe und undeutliche Schalenreste gefunden habe.

1. Die Oolithe.

Vielleicht wird man fragen: Was haben denn Oolithe mit Versteinerungen gemein; haben nicht Experimente im Laboratorium, besonders in neuester Zeit, gelehrt, dass rein chemische Prozesse den Kalk des Meereswassers fällen und dabei auch Oolithe entstehen?

Ich habe darauf zu erwidern, dass diese Experimente der Mitwirkung toter Organismen unbedingt bedürfen und dass, wenn auf diese und nur auf diese Weise Oolithe entstehen könnten, diese zum mindesten als Beweise für das Dasein von Organismen zu gelten haben. Aber in

¹ Geolog. Fören. i Stockholm Förhandl. 1909, S. 725—731.

Wirklichkeit ist es noch gar nicht geglückt, auf solche experimentelle Weise echte Oolithe künstlich zu erzeugen. Die so entstandenen, sehr kleinen Kalkklümpchen waren zu unbeständig, konnten nicht geschliffen werden, und der Nachweis ist noch nicht erbracht, dass sie die charakteristischen Eigenschaften der marinen Oolithe besitzen.

Man hat bisher sehr Verschiedenartiges unter der Bezeichnung »Oolithe« zusammengefasst, worauf ZIRKEL schon 1893 in seinem Lehrbuch der Petrographie (Band I, Seite 483 u. f.) hingewiesen hat. Er schied deshalb von den eigentlichen Oolithen die Oolithoide und die Pseudo-Oolithe ab, und in jeder dieser drei Gruppen machte er noch eine Reihe von Unterabteilungen. Für die eigentlichen Oolithe schlug KALKOWSKY neuerdings den Namen Ooide vor, indem er das Wort Oolith für die aus Ooiden zusammengesetzten Gesteine reservierte. Er unterschied ferner Ooide mit Lagen-, mit Spindel-, mit Kegelstruktur, Hemioide, Ooidbeutel und Polyoide.

Als Pisolithe hat man erbsengrosse Oolithe bezeichnet und man rechnet dazu sowohl die marinen jurassischen Gebilde Englands als auch die Erbsensteine der Karlsbader Quellen.

Die Versuche, die Oolithe nach ihrer Grösse und der Anordnung der Aragonit- oder Calcitkrystalle zu klassifizieren, haben sich als ungenügend erwiesen, weil das genetische Moment dabei unberücksichtigt geblieben ist.

Von vielen Oolithen wissen wir heute, dass sie, wie z. B. die grossen Cardita-Oolithe der alpinen Trias, Algenstöcke des Genus *Sphaerocodium* sind, und die Mehrzahl der jurassischen marinen Pisolithe sind *Sphaerocodien-* oder *Girvanella*-Knollen, die ihre Rundung zum Teil erst durch Abrollung erlangt haben. Auch abgerollte *Lithothamnium*-Stöcke des Tertiärs sind früher als Oolithe aufgeführt worden. Das gilt auch für manche Oolithe des Gotländer Silurs, die den Genera *Solenopora* und *Sphaerocodium* angehören.

Alle diese sogenannten Oolithe haben ihre besonderen Strukturen, durch die sie sicher von den echten Ooiden unterschieden werden können, und an denen man sicher erkennen kann, dass diese Kalkausscheidungen nicht auf chemisch-anorganischem Wege, sondern durch lebende Pflanzen bewirkt worden sind.

Die echten Ooide bestehen aus einem äusserst feinkörnigen Aragonitaggregat und haben eine konzentrische oder besser gesagt schalige Struktur. Daneben kann eine radialstrahlige Struktur entwickelt sein

oder auch fehlen. Sie sind meist kugelrund bis eiförmig, erlangen aber auch Walzenform oder können überhaupt so unregelmässig werden, dass von einer bestimmten geometrischen Form nicht mehr die Rede sein kann. Diese Unregelmässigkeit hat zwei ganz verschiedene Ursachen. Die eine liegt in der Form des inkrustierten Fremdkörpers. Ist derselbe sehr klein oder an sich schon rundlich, dann ist es auch der Ooid, hat er aber eine sehr unregelmässige Form, dann bleibt diese auch dem Ooid, weil seine einzelnen Lagen sich dem Fremdkörper anschmiegen. Die länglichen und stabförmigen Ooide verdanken diese Form stets ihrem Fremdkörper.

Eine zweite Ursache der Unregelmässigkeit hängt mit der Art des Dickenwachstums der Ooidmasse zusammen. Die einzelnen Lagen sind von wechselnder Dicke, d. h. sie wachsen nach gewissen Richtungen stärker in die Breite als nach den anderen, und so entstehen knollige oder blumenkohlartige Körper, die oft erhebliche Grösse erlangen. Solche Ooide, deren Durchmesser nicht mehr nur nach Millimetern, sondern nach Zentimetern zählen, entbehren, wie es scheint, der radialen Struktur. Diese Ooide hat LORETZ 1878 als Oolithoide bezeichnet, ein Name, der beibehalten zu werden verdient.

Rezente Oolithoide kenne ich vom Great Salt Lake und vom Pyramide Lake in Utah, echte Ooide von ebenda und vom Roten Meer bei Suez. Sie zeigen die Aragonit-Reaktion, was verständlich ist, weil die niederen kalkabsondernden Algen, soweit Untersuchungen vorliegen, stets Aragonit, die höheren Rotalgen (Lithothamnien) Calcit ausscheiden. Es steht dies in vollem Einklang mit meiner Auffassung, dass alle Ooide und Oolithoide von Spaltalgen erzeugt werden. Ich kann jedoch hier auf dieses Thema nicht näher eingehen und will nur bemerken, dass gegenüber dem unglaublich weitgehenden Formenwechsel der Ooidbildung, insbesondere auch gegenüber dem, was KALKOWSKY als Hemioid- und Ooidbeutel bezeichnet hat, die rein chemische Deutung vollständig versagt, während der Biologe darin ihm wohlbekannte Formen des Lebens erblickt.

Die Struktur der rezenten Oolithe ist auch bei den fossilen oft noch sehr gut erhalten geblieben, obwohl meistens der Aragonit sich in Calcit umgewandelt hat. Mit dieser Umwandlung hat sich jedoch nicht selten die Struktur mehr oder weniger verwischt, manchmal so sehr, dass eigentlich nur noch die äussere Form und der innere Fremdkörper übrig geblieben sind. Es ist das keine Alterserscheinung, denn die

Oolithe des Gotländischen Silurs zeigen z. B. die Struktur noch in ganz ausgezeichneter Weise. In der Dynamometamorphose, regionalen und Kontaktmetamorphose sind die Ursachen zu suchen, die den Aragonit in ein Calcitaggregat umwandeln, wobei die einzelnen Kristalle kaum mehr eine lagenförmige oder radiale Anordnung zeigen. Doch schimmert in den Calcitkristallen noch teilweise die ursprüngliche Struktur durch gerade so, wie das bei umgewandelten Echinodermen-Bruchstücken der Fall zu sein pflegt. Ein Teil dessen, was GÜMBEL Ent-Oolithe genannt hat, und die kambrischen Globulite betrachte ich als auf solche Weise umgewandelte echte Oolithe.

Die Pseudo-Oolithe sind eine Rubrik, in die man alles einreihen kann, was eine gewisse Ähnlichkeit mit echten Oolithen, aber eine andere Entstehung hat. Dazu stelle ich heute auch die dünnen Stäbchen, die ich mit echten Oolithen zusammen 1891 am Ufer des Great Salt Lake gefunden habe. Ich hatte zu wenig Material mitgebracht und besuchte diesen See deshalb vor 4 Jahren nochmals. Mit einem Dredgeapparat des Münchener Zoologischen Institutes ausgerüstet, gelang es mir, reiche Ausbeute aus den Tiefen des Sees mit nach Hause zu bringen, wo dasselbe aber leider noch immer nicht die erforderliche Bearbeitung gefunden hat. Zu meinem Erstaunen fand ich, dass der tiefere Boden des Sees bedeckt ist von Unmassen dieser kleinen Stäbchenoolithe, die oft fast ausschliesslich die Dredgeproben zusammensetzten. Ihre Untersuchung ergab, dass sie zwar wie die Ooide aus Aragonit bestehen, dass aber deren Kristalle von einer fast unmessbaren Kleinheit sind. Schalige und radiale Struktur fehlen vollständig und ebenso durchweg ein innerer Fremdkörper. Die Fauna des Sees besteht nach J. E. TALMAGE, Professor an der Universität in Salt Lake City, nur aus Mückenlarven, einer Wasserwanze und der *Artemia fertilis*. Diese letztere kommt in ungeheuren Mengen überall im See vor, sie weiden die Algenrasen ab, verschlucken auch den von diesen abgesonderten Aragonit, lassen ihn durch ihren Leib gehen und so entstehen die stäbchenförmigen Exkremeute. Ich habe mich allerdings von diesem Vorgange an Ort und Stelle nicht überzeugt, nicht bloss, weil dazu keine Zeit gewesen wäre, sondern weil ich auf diese Vermutung erst viel später in München gekommen bin. An der lebenden *Artemia salina*, die ich der Freundlichkeit des Professor CORI in Triest verdanke, konnte ich feststellen, dass deren Exkremeute genau dieselbe Form haben, wie die Stäbchen im grossen Salzsee und von diesen Krebschen in kurzer

Zeit in ungeheuren Mengen erzeugt werden, was schon SIEBOLD seinerzeit mit Erstaunen erfüllt hat. Diese Pseudo-Oolithe sind also Exkreme-
mente und nur deshalb so aragonitreich, weil die *Artemia fertilis* nichts
anderes im schlammfreien Salzsee vorfindet, während die *Artemia salina*
bei Triest graue tonig-mergelige Exkreme-
mente erzeugt, entsprechend dem
dortigen Boden. Dieses Ergebnis wirft zugleich ein neues Licht auf
die besonders in der alpinen Trias so häufigen Bactryllien, die oft in
grossen Mengen in Mergeln und mergeligen Kalken angetroffen werden
und die man bisher teils als Diatomeen, teils als Pteropoden, wenn auch
vergebens, zu deuten versucht hat. Schon längst hegte ich die Vermu-
tung, dass sie fossile Exkreme-
mente seien, und ich hatte als Urheber
besonders marine Schnecken im Verdacht. Das wird sich so genau
vielleicht nicht feststellen lassen, aber als Exkreme-
mente erscheinen sie
mir jetzt sicher.

Nach diesen allgemeinen Bemerkungen über die Oolithe, die zwar
etwas lang ausgefallen sind, mir aber für die Beurteilung der Sparag-
mit-Oolithe unentbehrlich erschienen, kommen wir nun zu diesen selbst.

Wir können da zwei Typen unterscheiden, die aber nicht zusammen
in denselben Handstücken, sondern, wie es scheint, immer getrennt
vorkommen. Im Sinne GÜMBELS gehört der eine Typus zu den Ent-
Oolithen, der andere zu den Oolithoiden. Die ersteren liegen in feinzuc-
kerkörnigem hellgrauem Kalk, der auf eine stärkere Metamorphose hin-
weist, während das Gestein der Oolithoide eine mehr dichte und gewöhn-
liche Beschaffenheit besitzt. Die Oolithoide haben Durchmesser von
1—2 mm, einige werden auch erheblich grösser. In der Mitte liegen
Quarzkörner, kleine Gesteinsfragmente oder unregelmässige Calcitag-
gregate als Fremdkörper, um die sich hellere und dunklere Kalkschalen
ohne jede radiale Struktur herumlegen. Die einzelnen Schalen sind
weder überall gleich dick, noch auch untereinander völlig konform,
so dass die regelmässige Kugel- oder Eiform nur selten vorhanden ist.
Zwei oder mehrere werden gelegentlich von äusseren Schalen gemeinsam
umschlossen.

Abgesehen von farbigen Verunreinigungen, die wohl meist Eisen-
verbindungen sein dürften und durch deren abwechselnde Anreicherungen
einzelne trübere Lagen sich von den zwischenliegenden helleren deutlich
herausheben, bestehen diese Oolithe aus deutlich unterscheidbaren, aber sehr
kleinen Calcitkriställchen, die ein feinkörniges Aggregat bilden. Ur-
sprünglicher Aragonit hat wahrscheinlich eine Umkristallisation erfahren.

Der andere Typus besitzt ebenfalls in der Mitte ein Fremdkorn, aber dasselbe ist von wenigen grossen Calcitkrystallen umschlossen, in denen die rhomboëdrischen Spaltdurchgänge deutlich hervortreten. Nach aussen werden sie von einer oder mehreren Lagen feinerer Calcitkrystalle umgeben, deren Korn aber stets grösser ist als das Korn in den Oolithoiden. Dass alle diese Kristalle und insbesondere auch die inneren grossen erst nachträglich durch Umkristallisation entstanden sind, geht daraus hervor, dass man den lagenförmig angeordneten dunkleren Staub der ursprünglichen zonalen Lagen in den einzelnen grossen Krystallen häufig noch in Dünnschliff liegen und durchschimmern sieht. Es ist das dieselbe Erhaltungsweise, welche auch die Krinoidenreste in stark marmorisiertem Kalkstein oftmals noch erkennen lassen.

2. Die chitinähnlichen Schalen.

In einem anderen Kalkstein liegen kleine, im Dünnschliff hellbräunlich durchscheinende Fragmente von sehr dünnen Schalen, die zwischen gekreuzten Nicols vollständig dunkel bleiben. Ihre Oberfläche zeigt eine zarte chagrinartige Struktur, die derjenigen völlig gleich, welche den *Eurypterushäuten* des Estländischen Silurs eigen ist, die ebenfalls zwischen gekreuzten Nicols dunkel bleiben. Wenn dies wirklich Chitinhäute sind, müssen sie beim Glühen verbrennen. Professor KARL HORMANN hatte die Freundlichkeit, im chemischen Laboratorium der Universität eine partielle quantitative Analyse des Gesteins ausführen zu lassen. Sie ergab:

Kohlensuren Kalk etc.	76,15
Kieselsäure	21,26
Eisenoxyd	1,68
Tonerde und andere Oxyde	0,76
Glühverlust.	0,10
	<hr/> 99,95

Dieser chemische Befund deckt sich mit dem optischen insofern, als unter dem Mikroskop neben vorherrschendem Calcit auch ziemlich viel Quarzkörner und dunkle Erzpartikel zu erkennen waren. Auffallend ist jedoch der geringe Glühverlust und er gibt für die Deutung jener Häutchen als Chitin keinen sicheren Anhaltspunkt. Allerdings ist zu berücksichtigen, dass dieselben sehr dünn und klein sind, also gegenüber der Gesteinsmasse nicht schwer ins Gewicht fallen können. Auch

kann es sein, dass in den analysierten Stückchen zufällig nur wenige lagen, während die Dünnschliffe gerade deren viele trafen. Leider war meine Ausbeute solcher Kalke nicht gross und gestattete keine ausgiebigere Untersuchung. Ich will jedoch versuchen, ob ich bei einem erneuten Besuche dieser Gegend noch weitere Funde machen kann.

Einstweilen scheint mir die Deutung dieser Häutchen als Überreste ehemaliger Arthropoden doch noch immer als die beste.

II. Das Alter dieser fossilführenden Kalksteine.

Die fraglichen Kalksteine kommen als Gerölle in der unteren Sparagmitformation vor, die für gewöhnlich keine Kalkgerölle, sondern solche von Gangquarz, Quarzit, »Grundgebirge« und allerhand Eruptivgesteinen führt. Ich habe solche Kalkgerölle nur an einer Stelle in einem Bahneinschnitt bei der Station Havik unweit Bröttum gefunden.

Die Kalksteingerölle entstammen somit Lagern, die jedenfalls noch älter als die Sparagmitformation sein müssen. Diese selbst wird von den meisten norwegischen Geologen für präkambrisch angesehen, und neuerdings noch hat V. M. GOLDSCHMIDT gerade den Sparagmit von Bröttum als den älteren unbedenklich anerkannt und beschrieben. Wenn dem so ist, dann haben wir in diesen Kalkgeröllen Reste von Pflanzen und vielleicht auch von Tieren, die nicht nur präkambrisch sind, sondern vom Beginne der kambrischen Periode an rückwärts gerechnet in ganz altpräkambrischer Zeit gelebt haben müssen. Damit wäre für die reiche Entwicklung der Tierwelt im Kambrium ein langer Zeitraum gegeben, in dem sich aus einfachsten Organismen langsam die viel höherstehenden kambrischen Formen entfalten konnten.

Aber ich muss gestehen, dass mein früherer Besuch des Mjösen in mir Zweifel über das Alter der Sparagmitformation geweckt hat. Die Reihenfolge der Gesteine soll folgende sein von unten nach oben: älterer Sparagmit, Birikalk, jüngerer Sparagmit, Kambrium. Das Kambrium beginnt mit Quarzsandstein, der stellenweise in Quarzkonglomerat übergeht und auch Tonschiefer einschliesst, darüber folgen der *Olenellus*-Schiefer und der Alaunschiefer.

Die Überlagerung des älteren Sparagmites durch Birikalk habe ich nirgends beobachten können. Die einzige Stelle, wo ich das Liegende des Birikalles gesehen habe, befindet sich auf der Westseite des Sees in dem Hügelzug, der von Krämmerodden gegen Südwest hinstreicht. Ich beob-

achtete dort eine anscheinend konkordante Schichtserie, die nach Norden etwa mit 30° geneigt ist. Zu oberst lag der schwarze Birikalk und Kalkschiefer, darunter jene hellen und rötlichen Bänderkalke, die weiter in Nordosten an der Strasse bei Krämmerodden sehr gut aufgeschlossen sind, unter diesen folgten mürbe Grauwackenschiefer, die nach unten in sandige Grauwacken und Schiefer übergingen. Nun kam eine kurze Unterbrechung des Aufschlusses, aber hernach der kambrische Quarzsandstein anscheinend mit gleicher Neigung. Man kann natürlich in diese Lücke eine Verwerfungsspalte legen, wie dies bei einer älteren geologischen Aufnahme auch geschehen zu sein scheint, und dann wäre das jüngere Alter des Kambriums gerettet. Aber in den hier unter dem Birikalk liegenden Grauwacken und Schiefen ist es doch kaum möglich, wie MÜNSTER es getan hat, den älteren Sparagmit wieder zu erkennen. Sie gleichen vielmehr vollkommen kambrischen Schichten. Damit stimmt auch die Angabe von GOLDSCHMIDT sehr gut überein, dass bei Krämmerodden unter dem Bänderkalk Alaunschiefer austreicht. Entweder also muss der Birikalk hier auf einer mit 30° geneigten Schubfläche über das Kambrium geschoben worden sein, wofür ich aber durchaus keine Anzeichen habe finden können, oder er ist jünger als das Kambrium.

Auf der Ostseite des Sees kommen Aufschlüsse des Birikalles bei Bergsviken und Bergsodder vor. Sie bilden gewissermassen einen Hügel, der sowohl im Norden wie im Süden von Sparagmit umgeben wird, der sich bis in den See bei Havik und Kjosberget herabzieht, gegen Osten aber in der Höhe des Lundehögda, Syljuaasen und Biskopaasen den Kalk umsäumt, bei Sveum und Rise auch wirklich überlagert. Von dieser Sparagmitumhüllung wird jedoch der nördliche Flügel von GOLDSCHMIDT in Übereinstimmung mit älteren Aufnahmen dem älteren Sparagmit zugerechnet, der unter dem Birikalk liegen soll. Der andere Teil soll als jüngerer Sparagmit über dem Birikalk liegen. Die einzige Stelle, wo die Auflagerung bisher wirklich gut aufgeschlossen zu sehen war, hat er in Figur 6 seiner Arbeit abgebildet. Sie macht jedoch weit mehr den Eindruck einer Verschiebungs- als einer ursprünglichen Auflagerungsfläche. Es ist auch zu beachten, dass der Birikalk von Rise nicht dem von Bergsviken angehört, sondern dem südlicheren Aufschlussgebiet von Ring und Helgeberget. Auch hier nimmt der Sparagmit die orographisch höheren Lagen des Huleberg und Jöraasen ein, während gegen Süden Birikalk gegen Kamperud fast direkt an den kambrischen Quarzsandstein angrenzt ähnlich wie an der Westseite des Sees und das

gleiche Einfallen zeigt. (Fig. 5 bei GOLDSCHMIDT.) Nimmt man die Lagerung als normal an, dann müsste der Birikalk auch hier jünger als das Kambrium sein; GOLDSCHMIDT legte jedoch eine Verwerfung zwischen beide, die allerdings nicht beobachtet ist, die aber dem Birikalk und Sparagmit ihr höheres Alter rettet.

Die Möglichkeit, dass der Birikalk dem Silur angehört, und seine ungewöhnliche Beschaffenheit einer späteren Metamorphose verdankt, scheint mir damit noch keineswegs ganz widerlegt zu sein, und ich habe, um darüber Klarheit zu gewinnen, die Absicht, den Mjösen heuer nochmals zu besuchen. Für unser Thema ist die Frage nach dem Alter des Birikalles selbstverständlich von grundlegender Bedeutung. Wenn er dem Silur angehört, dann muss die ganze Sparagmitformation noch jünger sein, spätsilurisch oder devonisch, und dann hätte das Vorkommen von fossilführenden Kalkgeröllen im Sparagmitkonglomerat von Havik keine Bedeutung mehr für die Entstehung der kambrischen Organismen. Es wären vielleicht oolithische Kalke, wie sie in so prächtiger Erhaltung im Silur von Gotland vorkommen, die aber durch spätere Umwandlungsvorgänge, wie der Birikalk selbst, ein anderes kristallinischeres Aussehen erlangt und uns dadurch ein höheres präkambrisches Alter vorgetäuscht haben.
